Энгельсский технологический институт (филиал) федерального государственного
бюджетного образовательного учреждения
высшего образования
«Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.»

Кафедра «Технология и оборудование химических, нефтегазовых
и пищевых производств»

БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Методические указания к практическим занятиям
для студентов направлений

09.03.01 «Информатика и вычислительная техника»
09.03.04 «Программная инженерия»
15.03.02 «Технологические машины и оборудование»
15.03.05 «Конструкторско-технологическоеобеспечение машиностроительных производств»
18.03.01 «Химическая технология»
21.03.01 «Нефтегазовое дело»
29.03.05 «Конструирование изделий легкой промышленности»

очной формы обучения
заочной формы обучения
очно-заочной формы обучения

Энгельс 2026

ОЦЕНКА СООТВЕТСТВИЯ ПДК ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ НА ОПО СОГЛАСНО ДЕЙСТВУЮЩЕГО ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВА

Цель работы: Оценка атмосферного воздуха на ОПО согласно СанПин 1.2.3685 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания» на соответствие с ПДК загрязняющих веществ в атмосферном воздухе городских и сельских поселений ПДК вредных веществ в воздухе рабочей зоны и разработка мероприятий, устраняющие превышение ПДК вредных веществ.

Нормативная база

1. СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания»;
2. ГОСТ 12.1.005-88 «ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны».
3. ГОСТ Р 54578-2011 «Воздух рабочей зоны. Аэрозоли преимущественно фиброгенного действия. Общие принципы гигиенического контроля и оценки воздействия».

ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ

Для обеспечения жизнедеятельности человека необходима воздушная среда определённого качественного и количественного состава. Нормальный газовый состав воздуха следующий (*об. %):*

азот – 78,02;

кислород – 20,95;

углекислый газ – 0,03;

аргон, неон, криптон, ксенон, радон, озон, водород – суммарно до 0,94.

В реальном воздухе, кроме того, содержатся различные примеси (пыль, газы, пары), оказывающие вредное воздействие на организм человека.

НОРМИРОВАНИЕ

Основной физической характеристикой примесей в атмосферном воздухе и воздухе производственных помещений является концентрация массы (*мг*) вещества в единице объёма ($м^3$) воздуха при нормальных метеорологических условиях. От вида, концентрации примесей и длительности воздействия зависит их влияние на природные объекты.

Нормирование содержания вредных веществ (пыль, газы, пары и т.д.) в воздухе проводят по предельно допустимым концентрациям (ПДК).

ПДК – максимальная концентрация вредных веществ в воздухе, отнесённая к определённому времени осреднения, которая при периодическом воздействии или на протяжении всей жизни человека не оказывает ни на него, ни на окружающую среду в целом вредного воздействия (включая отдалённые последствия).

Содержание вредных веществ в атмосферном воздухе населённых мест и для воздуха рабочей зоны производственных помещений нормируют– по СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания»;

Предельно допустимые концентрации загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населённых пунктов нормируют по максимально разовой и среднесуточной концентрации примесей.

$ПДК_{max}$ – основная характеристика опасности вредного вещества, которая установлена для предупреждения возникновения рефлекторных реакций человека (ощущение запаха, световая чувствительность и др.) при кратковременном воздействии (не более 30 мин.)

$ПДК_{сс}$ – установлена для предупреждения общетоксического, канцерогенного, мутагенного и другого влияния вредного вещества при воздействии более 30 мин.

ПДК вредных веществ в воздухе рабочей зоны – это такая концентрация, которая при ежедневном воздействии (но не более 41 часа в неделю) в течение всего рабочего стажа не может вызвать заболеваний или отклонений в состоянии здоровья человека, обнаруживаемых современными методами исследований, в период работы или в отдалённые сроки жизни настоящего и последующих поколений.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАНИЯ

1. По варианту выбрать задание и оформить таблицу (табл.1).

Таблица 1 – Исходные данные и нормируемые значения содержания вредных веществ в воздухе

Исследуемое вещество	Концентрация вредного вещества, мг/м^3				Преимущественное агрегатное состояние в условиях	Класс опасности	Особенности воздействия	Соответствие нормам каждого из веществ		
	Фактическая	Предельно допустимая						В воздухе рабочей зоны	В воздухе населённых пунктов при времени воздействия	
		В воздухе рабочей зоны	В воздухе населённых							
			максимально разовая ≤30 мин	среднесуточная >30 мин					< 30 мин	>30 мин
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

2. Используя нормативные значения из табл. 2., заполнить графы 4…8 табл. 1.

3. Заполнить графы 1…3 табл. 1. из своего варианта задания из табл. 3.

4. Сопоставить заданные по варианту (см. табл. 3) концентрации вещества с предельно допустимыми (табл. 2.) и сделать вывод о соответствии нормам содержания каждого из веществ в графах 9…11 табл. 1., т.е. < ПДК, > ПДК = ПДК, обозначая соответствие нормам знаком «+», а несоответствие знаком «-».

5. Сделать свои выводы по результатам проделанной практической работы.

Таблица 2 – Предельно допустимые концентрации вредных веществ в воздухе, мг/ м^3 СанПиН 1.2.3685-21

Вещество	В воздухе рабочей зоны	В воздухе населенных пунктов		Преимущественное агрегатное состояние в условиях производства	Класс опасности	Особенности воздействия
		Максимальная разовая ≤30 мин	Среднесуточная; воздействие >30 мин			
1	2	3	4	5	6	7
Азота диоксид	2	0,085	0,04	п	II	О
Азота оксиды	5	0,6	0.06	п	III	О
Азотная кислота	2	0,4	0,15	п	II	-
Акролеин	0,2	0,03	0,03	п	III	-
Алюминия оксид	6	0,2	0,04	а	IV	Ф
Аммиак	20	0,2	0,04	п	IV	-
Ацетон	20	0,2	0,04	п	IV	-

Аэрозоль ванадия пентаоксида	0,1	-	0,002	а	I	-
Бензол	5	1,5	0,1	п	II	К
Бензин	100	5	1,5	п	IV	
Винилацетат	10	0,15	0,15	п	III	-
Вольфрам	6	-	0,1	а	III	Ф
Вольфрамовый ангидрид	6	-	0,15	п	III	Ф
Гексан	300	60	7,0	п	IV	-
Дихлорэтан	10	3	1	п	II	-
Кремния диоксид	1	0,15	0,06	а	III	Ф
Ксилол	50	0,2	0,2	п	III	Ф
Метанол	5	1	0,5	п	III	-
Озон	0,1	0,16	0,03	п	I	О
Полипропилен	10	3	3	п	III	-
Ртуть	0,01/ 0,005	-	0,0003	п	I	-
Серная кислота	1	0,3	0,1	п	II	-
Сернистый ангидрид	10	0,5	0,05	п	III	-
Сода кальцинированная	2	0,5	0,15	а	III	-
Соляная кислота	5	-	-	п	II	-
Сероуглерод	10/3	0,03	0,005	п	II	
Толуол	50	0,6	0,6	п	III	-
Углерода оксид	20	5	3	п	IV	Ф
Фенол	0,3	0,01	0,003	п	II	-
Формальдегид	0,5	0,035	0,003	п	II	О, А
Хлор	1	0,1	0,03	п	II	О
Хрома оксид	1	-	0,0015	а	III	А
Хрома триоксид	0,01	0,0015	0,0015	а	I	К, А
Цементная пыль	6	0,3	0,1	а	IV	Ф
Этилендиамин	2	0,001	0,001	п	III	-
Этанол	1000	5	5	п	IV	-

Примечание: п - пары и/или газы; а - аэрозоль;

О – вещества с остронаправленным действием, за содержанием которых в воздухе требуется автоматический контроль; *А* – вещества, способные вызвать аллергические заболевания в производственных условиях; *К* – канцерогены, *Ф* – аэрозоли преимущественно фиброгенного действия.

Вопросы для самопроверки

1. Назовите основную физическую характеристику вредных примесей в атмосферном воздухе и воздухе производственных помещений.
2. От каких факторов зависит загрязнённость воздуха рабочей зоны?
3. Как нормируются вредные вещества в воздухе рабочей зоны?
4. Какие виды ПДК вы знаете?
5. Что понимается под вредным веществом? По каким признакам подразделяются вредные вещества?
6. Что такое кумуляция? Какие бывают виды кумуляции?
7. Какие методы используются для определения запыленности и загазованности воздуха?
8. Каков механизм действия вредных веществ на организм человека?
9. Что такое токсичность, и как вредные вещества классифицируются по токсичности?
10. Что такое пыль на производстве, назовите признаки ее классификации.
11. Что такое ОБУВ?
12. Какие мероприятия проводятся по улучшению условий труда работающих с вредными веществами?

РАСЧЕТ СИСТЕМ ЗАЗЕМЛЕНИЯ И ЗАНУЛЕНИЯ

Цель работы: рассчитать результирующее сопротивление растеканию тока заземляющего устройства и сравнить с допустимым сопротивлением.

Нормативная база

1. ГОСТ 12.1.009-2017 «ССБТ. Электробезопасность. Термины и определе-ния»;
2. ГОСТ 12.1.038-82 «ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов»;
3. ГОСТ 12.1.019-2017 «ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты»;
4. ГОСТ Р 58698-2019 (МЭК 61140:2016) «Защита от поражения электриче-ским током. Общие положения для электроустановок и электрооборудова-ния»;
5. Правила устройства электроустановок (ПУЭ) 7-е изд.

ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ

Защитное заземляющее устройство, предназначенное для защиты людей от поражения электрическим током при переходе напряжения на металлические части электрооборудования, представляет собой специально выполненное соединение конструктивных металлических частей электрооборудования (вычислительная техника, приборостроительные комплексы, испытательные стенды, станки, аппараты, светильники, щиты управления, шкафы и пр.), нормально не находящихся под напряжением, с заземлителями, расположенными непосредственно в земле.

В качестве искусственных заземлителей используют стальные трубы длиной *1,5…4 м*, диаметром *25…50 мм*, которые забивают в землю, а также металлические стержни и полосы. Для достижения требуемого сопротивления заземлителя, как правило, используют несколько труб (стержней), забитых в землю и соединённых там металлической (стальной) полосой.

Контурным защитным заземлением называется система, состоящая из труб, забиваемых вокруг здания цеха, в котором расположены электроустановки.

Заземление электроустановок необходимо выполнять:

– при напряжении выше *380В* переменного и *440В* постоянного тока в помещениях без повышенной опасности, т. е. во всех случаях;

– при номинальном напряжении выше *42В* переменного и *110В* постоянного тока в помещениях с повышенной опасностью, особо опасных и в наружных установках;

– при любых напряжениях переменного и постоянного тока во взрывоопасных помещениях.

Ниже приведены классификация и характеристика помещений.

Помещения без повышенной опасности:

Помещения без повышенной опасности - помещения, в которых отсутствуют условия, создающие повышенную опасность или особую опасность

Помещения с повышенной опасностью:

Помещения с повышенной опасностью - помещения, характеризующиеся наличием одного из следующих условий:

– сырость (относительная влажность воздуха длительно превышает *75%);*

– токопроводящая пыль;

– токопроводящие полы (металлические, земляные, железобетонные, кирпичные и т.д.);

– высокая температура (температура в помещении постоянно или периодически превышает 35^0C);

– возможность одновременного прикосновения человека к соединённым с землёй металлоконструкциям зданий с одной стороны и к металлическим корпусам электрооборудования с другой.

Помещения особо опасные:

Помещения особо опасные - помещения, характеризуемые наличием одного из следующих условий:

– особая опасность – относительная влажность близка к 100% (потолок, стены, пол, предметы, находящиеся в помещении, покрыты влагой);

– химически активная или органическая среда (в помещении содержатся агрессивные пары, газы, жидкости, образуются отложения и плесень);

– наличие одновременно двух и более условий для помещений повышенной опасности.

На электрических установках напряжением до *1000В* одиночные заземлители соединяют стальной полосой толщиной не менее *4мм* и сечением не менее $48мм^2$. Для уменьшения экранирования рекомендуется одиночные заземлители располагать на расстоянии не менее *2,5…3 м* один от другого.

2. МЕТОДИКА РАСЧЕТА.

Сопротивление растеканию тока, *Ом*, через одиночный заземлитель из труб диаметром *25…50мм*.

$$R_{тр} = 0,9 \cdot (\rho / l_{тр}), \qquad (1.)$$

где ρ - удельное сопротивление грунта, которые выбирают в зависимости от его типа, *Ом·см* (для песка оно равно 40 000…70 000, для супеси – 15 000…40 000, для суглинка - 4000…15 000, для глины – 800…7000, для чернозёма - 900…5300);

Су́песь — рыхлая горная порода или грунт, состоящая, главным образом, из песчаных и пылеватых частиц

Сугли́нок — рыхлая осадочная порода с преимущественным содержанием частиц размера пыли и песка и значительным количеством глинистых частиц

$l_{тр}$ – длина трубы, *1,5…4м*.

Затем определяют ориентировочное число вертикальных заземлителей без учёта коэффициента экранирования

$$n = R_{тр} / r, \qquad (2.)$$

где *r* - допустимое сопротивление заземляющего устройства, *Ом*.

В соответствии с Правилами устройства электроустановок (ПЭУ) на электрических установках напряжением до *1000В* допустимое сопротивление заземляющего устройства равно не более *4 Ом.*

Разместив вертикальные заземлители на плане и определив расстояние между ними, определяют коэффициент экранирования заземлителей по табл. 1.

Таблица 1 – Коэффициенты экранирования заземлителей $\eta_{гр}$

Число труб (угол-ков)	Отношение расстояния между трубами (уголками) к их длине	$\eta_{гр}$	Отношение расстояния между трубами (уголками) к их длине	$\eta_{гр}$	Отношение расстояния между трубами (уголками) к их длине	$\eta_{гр}$
4	1	0,66…0,72	2	0,76…0,80	3	0,84…0,86
6	1	0,58…0,65	2	0,71…0,75	3	0,78…0,82
10	1	0,52…0,58	2	0,66…0,71	3	0,74…0,78
20	1	0,44…0,50	2	0,61…0,66	3	0,68…0,73
40	1	0,38…0,44	2	0,55…0,61	3	0,64…0,69
60	1	0,36…0,42	2	0,52…0,58	3	0,62…0,67

Число вертикальных заземлителей с учётом коэффициента экранирования

$$n_1 = n / \eta_{тр} \qquad (3.)$$

Длина соединительной полосы, *м*,

$$l_n = n_1 \cdot a, \qquad (4.)$$

где *a* – расстояние между заземлителями, *м*.

Если расчётная длина соединительной полосы получилась меньше периметра цеха (задаётся по варианту), то длину соединительной полосы необходимо принять равной периметру цеха плюс *12…16 м*. После этого следует уточнить значение $\eta_{тр}$. Если $a / l_{тр} > 3$, принимают $\eta_{тр} = 1$.

Сопротивление растеканию электрического тока через соединительную полосу, *Ом*.

$$R_n = 2{,}1 \cdot (p / l_n) \qquad (5.)$$

Результирующее сопротивление растеканию тока всего заземляющего устройства, *Ом*.

$$R_з = R_{тр} \cdot R_n / (\eta_n \cdot R_{тр} + \eta_{тр} \cdot R_n \cdot n_1), \qquad (6.)$$

где η_n – коэффициент экранирования соединительной полосы (табл. 2)

Таблица 2 – Коэффициенты экранирования соединительной полосы

Отношение расстояния между заземлителями к их длине	Число труб					
	4	8	10	20	30	40
1	0,45	0,36	0,34	0,27	0,24	0,21
2	0,55	0,43	0,40	0,32	0,30	0,28
3	0,70	0,60	0,56	0,45	0,41	0,37

Полученное результирующее сопротивление растеканию тока всего заземляющего устройства сравнивают с допустимым сопротивлением заземляющего устройства равно 4 Ом.

На плане цеха размещают вертикальные заземлители и соединительную полосу.

3. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАНИЯ.

3.1. Выбрать вариант (табл.).

3.2. Рассчитать результирующее сопротивление растеканию тока заземляющего устройства и сравнить с допустимым сопротивлением.

3.3. Подписать отчёт и сдать преподавателю

Вопросы для самопроверки

1. Что такое заземление?
2. Что необходимо сделать, чтобы уменьшить сопротивление растеканию тока искусственного заземлителя?
3. Как экспериментально определить сопротивление растеканию тока заземлителя и удельное сопротивление грунта?
4. Какие методы используются для защиты человека от поражения электрическим током?
5. Какое заземление называют контурным?
6. Что такое электрический ток?
7. Назовите факторы, влияющие на исход поражения электрическим током.
8. Приведите классификацию помещений по ПУЭ.
9. Дайте определение понятию зануления и каков принцип его действия.
10. В чем сущность метода выравнивания потенциалов.

РАСЧЕТ СИСТЕМ ВЕНТИЛЯЦИ ПРИ ЗАПЫЛЕННОСТИ И ЗАГАЗОВАННОСТИ ВОЗДУШНОЙ СРЕДЫ

Цель работы: изучить назначение и виды вентиляции на промышленных предприятиях; освоить методику расчета вентиляции в производственныхпомещениях.

Содержание работы

В процессе выполнения работы студенты должны:

- ознакомиться с назначением и видами вентиляции производственных помещений;
- изучить особенности существующих устройств для вентиляции производственных помещений;
- оценить влияние некоторых факторов на параметры вентиляции;
- рассчитать необходимые количество воздуха при общеобменной вентиляции;
- определить параметры вытяжной вентиляции.

Основные понятия

Одним из основных направлений государственной политикив области охраны труда является признание и обеспечение приоритета жизни и здоровья работников по отношению к результатам производственной деятельности. Между тем, многие производственные процессы сопровождаются выделением в воздушную среду помещений тепла, влаги и вредных веществ – паров, газов, твердых и жидких частиц, избыточное содержание которых оказывает неблагоприятное воздействие на человека. Особую опасность представляют токсические вещества, вызывающиепрофессиональные заболевания и острые отравления.

Пары и газы образуют с воздухом смеси, а твердые и жид кие вещества – дисперсные системы – аэрозоли, которые делятся на пыль (размер твердых частиц более 1 мкм), дым (менее 1 мкм) и туман (размер жидких частиц менее 10 мкм).

Санитарные нормы проектирования предприятий устанавливают гигиенические нормативы в виде предельно допустимых концентраций (ПДК) вредных газов, пыли, аэрозолей в воздухе рабочей зоны производственных помещений. *Предельно допустимые концентрации (ПДК)* в воздухе рабочей зоны устанавливаются из условия, что их воздействие в течение 8 часов (кроме выходных дней) или другой продолжительности (но

не более 40 чв неделю) в течение всего рабочего стажа не могут вызвать заболеваний или отклонений в состоянии здоровья, обнаруживаемых современными методами исследований в процессе работы или в отдаленные сроки жизни настоящего и последующих поколений. ПДК некоторых вредных веществ в рабочей и жилой зоне приведены в табл. 1.

Таблица 1

Предельно допустимые концентрациихимически опасных веществ в воздухе

Наименование вещества	ПДК, мг/м^3 (населенные пункты)	ПКД$_{рз}$, мг/м^3 (рабочая зона)
Хлор	0,03	1
Аммиак	0,2	20
Анилин	0,03	0,1
Сероводород	0,008	10
Серный ангидрид	0,05	10
Бензин	1,5	300
Оксид углерода	1	20
Оксиды азота	0,06	2
Фтористые соединения	0,05	1
Свинец	0,0003	0,005
Азотная кислота	0,15	2
Серная кислота	0,1	1
Соляная кислота	0,2	5
Акролеин	0,03	0,7
Ацетон	0,35	200
Сероуглерод	0,005	1
Толуол	0,6	50
Фенол	0,001	0,3
Формальдегид	0,012	0,5
Пыль нетоксичная	0,15	10

По степени воздействия на организм человека все вредные вещества подразделяются на четыре класса опасности;

1 класс – *чрезвычайно опасные*, с ПДК менее 0,1 мг/м^3;2 класс – *высокоопасные*, с ПДК от 0,1 до 1 мг/м^3;

3 класс – *умеренно опасные*, с ПДК от 1 до 10 мг/м^3;4 класс – *малоопасные*, с ПДК более 10 мг/м^3.

Вредные вещества могут поступать в организм человека через органы дыхания, желудочно-кишечный тракт, кожу и слизистые оболочки.

Для обеспечения чистоты воздуха и оптимальных метеорологических условий в производственных помещениях устраивается вентиляция. Вентиляция достигается удалением загрязненного или нагретого воздуха из помещений и подачей в него свежего воздуха. Движение воздуха в помещениях, обеспечиваемое вентиляцией, является важным фактором, влияющим на тепловоесамочувствие человека.

Воздух, удаляемый системами вентиляции из производственных помещений, и содержащий пыль, вредные или неприятно пахнущие вещества, перед выбросами в

атмосферу должен очищаться, чтобы в атмосферном воздухе населенных пунктов не было вредных веществ, превышающих санитарные нормы.

Самочувствие человека и производительность его труда в значительной степени зависят от температуры воздуха. В соответствии с действующими санитарными правилами и нормами (СанПиН 1.2.3685-21 "Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания"), параметры микроклимата в помещении зависят от категории выполняемых работ (табл. 2).

Таблица 2

Оптимальные параметры микроклиматав производственных помещениях

Категория работ	Энергозат-раты, Вт	Температура, ^{o}C	Относит. влажность, %	Скорость движения воздуха, м/с
Iа	До 139	22-25	40-60	0,1
Iб	140-174	21-23	40-60	0,1-0,2
IIа	175-232	18-23	40-60	0,2-0,3
IIб	233-290	17-22	40-60	0,2-0,3
III	290	16-20	40-60	0,3-0,4

1. Виды вентиляции

Вентиляция – система мер для создания воздушной среды, благоприятной для здоровья человека, отвечающей требованиям технологического процесса, сохранения оборудования.

По способу перемещения воздуха бывает *естественная* (за счет разности давлений и температуры воздуха внутри и снаружи помещения), *искусственная (механическая)* и *смешанная* вентиляция.

Естественная вентиляция подразделяется на *неорганизованную* и *организованную*. *Неорганизованная* вентиляция (*инфильтрация*) создается при проникновении воздуха в помещение че- рез проемы, щели, неплотности дверей, окон, из-за разности плотности и давления воздуха. Такой воздухообмен зависит от случайных факторов – силы и направления ветра, разности температуры. Санитарные нормы допускают разовую смену всего воздуха в помещении в час за счет неорганизованной вентиляции, иначе возникают большие потери тепла и сквозняки.

Перемещение воздуха в случае его неравномерного нагрева обеспечивается за счет возникновения тепловой депрессии, обусловленной разностью плотностей теплого и холодного воздуха, величина, которой (Па) определяется по формуле

$$\Delta P = gh(\rho_1 - \rho_2), \qquad (1)$$

где g – ускорение свободного падения, м/с^2; h – вертикальное расстояние между точками замера, м; ρ_1, ρ_2 – плотность соответственно холодного и нагретого воздуха, кг/м^3.

При обдувании здания ветром с наветренной стороны создается повышенное давление воздуха, а на заветренной стороне - разряжение. Величину ветрового напора (Па) можно подсчитать по выражению

$$\Delta P = kw^2\rho_1/2, \qquad (2)$$

где k – коэффициент аэродинамического сопротивления здания, зависящий от конфигурации здания (обычно составляет 0,7–0,85 для наветренной стороны и от 0,3 до 0,45 для заветренной стороны); w – скорость ветра, м/с.

Более стабильный воздухообмен обеспечивает *организованная вентиляция (аэрация).* Движение воздуха регулируется при помощи специальных устройств (створок, форточек). Достоинством аэрации является возможность обеспечения существенного воздухообмена без затрат механической энергии. Однако в летнее время эффективность аэрации может существенно падать.

Искусственная (механическая) вентиляция действует при помощи электродвигателя, распределяет приточный воздух по различным зонам, отбирает загрязненный воздух, может очищать и изменять температуру воздуха. Содержит фильтры, воздуховоды, камеры для нагрева (охлаждения) и увлажнения воздуха. При организации вентиляции следует учитывать физические свойства вредных паров и газов (плотность; легкие удаляются сверху, тяжелые снизу).

По масштабам действия искусственная вентиляция бывает *общеобменной*, создающей одинаковую температуру, чистоту и подвижность воздуха во всем помещении, и *местной*, способствующей удалению ядовитых и вредных веществ от локальных источников загрязнения в помещении или подаче свежего воздуха на рабочие места. *Смешанная* вентиляция предусматривает удаление вредных веществ местной вентиляцией их кожухов, укрытий машин, а проникающее количество загрязняющих веществ удаляют общеобменной вентиляцией.

Вентиляция, предназначенная только для подачи воздуха в помещение, называется *приточной,* а только для удаления воздуха из помещения – *вытяжной,* а в случае одновременной подачи и удаления – *приточно-вытяжной*.

Для качественной оценки эффективности воздухообмена используют кратность воздухообмена – отношение объема воздуха, поступающего в помещение в единицу времени (м^3/ч), к объему помещения.

Кроме рабочей вентиляции на предприятиях может быть и *аварийная* вентиляция. Устройство аварийной вентиляции предусматривается в случаях возможности внезапного появления вредных веществ в помещении и включается автоматически при достижении ПДК или отключении основной вентиляции.

Кондиционирование воздуха обеспечивает в закрытых помещениях оптимальные метеорологические условия (температуру, влажность, чистоту и скорость движения воздуха). Включает средства автоматического регулирования и контрольно-измерительные приборы. Может работать в режиме охлаждения и нагрева воздуха, очищать, сушить или увлажнять его. Поддержка необходимых метеорологических параметров осуществляется автоматически.

2. Расчет общеобменной вентиляции

Общеобменную вентиляцию наиболее часто применяют вслучаях, когда вредные вещества, теплота и влага выделяются равномерно по всему помещению. Для определения количества необходимого воздуха при общеобменной вентиляции производят расчеты по температуре, загазованности, запыленности и влажности. По расчетам разрабатывается вентиляционная система (мощность двигателя, размер воздуховодов, устройство фильтрации).

При избытке тепла в помещении количество воздуха (м^3/с), необходимое для его удаления, рассчитывается по формуле

$$L = Q / c\rho\left(t_{ух} - t_{\text{пр}}\right), \qquad (3)$$

где Q – избытки тепла в помещении, Вт; с – теплоемкость воздуха, Дж/(кг·°С); ρ – плотность воздуха, кг/м^3; $t_{ух}$, $t_{пр}$ – температура соответственно уходящего и приточного воздуха, °С.

В случае выделения в помещении газа и пыли, количество требуемого воздуха определяют по выражению

$$L = G/\left(g_{пдк} - g_{пр}\right), \qquad (4)$$

где G – выделение вредного вещ, мг/ч; $g_{пдк}$ – предельно допустимая концентрация (ПДК) выделяемого вредного вещества, мг/м^3; $g_{пр}$ – количество вредных вещ в приточном воздухе, мг/м^3.

Разбавление выделяющейся в помещении избыточной влаги требует количества воздуха, определяемого из зависимости, но допустимое и приточного воздуха, г/кг.

При одновременном выделении в рабочую зону разных вредных веществ (например, газов, пыли, теплоты), воздухообмен принимают по наибольшей массе воздуха.

3. Расчет местной вытяжной вентиляции

Местной вентиляцией создают необходимые метеорологические параметры на отдельных рабочих местах. Если помещение велико, а число людей, работающих в нем, мало, причем их местонахождение фиксировано, практикуется местная вентиляция.

Наиболее распространена местная вытяжная локализующая вентиляция, поскольку позволяет удалить значительное количество вредных веществ от мест выделения небольшим расходом воздуха. Удаление воздуха производится с помощью местных отсосов, состоящих из воздухоприемников и воздуховодов, отводящих загрязненный воздух на очистку или непосредственно в атмосферу.

Локализующая вентиляция может быть естественной и механической. Вентиляция с естественным побуждением целесообразна при одновременном выделении с вредными веществами и теплоты. Конструкции отсосов могут быть закрытыми (источник выделения вредных веществ находится внутри укрытия) – вытяжные шкафы, кожухи; полуоткрытыми и открытыми (зонты, панели, бортовые откосы) – воздухоприемник находится на некотором расстоянии от источника.

Вытяжные шкафы наиболее эффективно удаляют вредные выделения, однако по технологическим причинам (необходимы загрузка, выгрузка, перемешивание и т.д.) их установка не везде возможна. Расход воздуха, удаляемого из вытяжного шкафа, при механической вытяжке определяют по выражению

$$L = vF, \qquad (6)$$

где v – средняя скорость поступающего воздуха в проеме, м/с (принимается в пределах 0,3-3,0 м/с); F – площадь открытогопроема, м^2.

Вытяжные зонты предназначены для улавливания потоков вредных выделений, направленных вверх. Вытяжные зонты обычно имеют форму конусов (рис. 1) и устанавливаются над источником выделения вредных веществ (печами, ваннами различного назначения и т.д.). Эффективность работы зонта зависит от его размеров, расстояния от источника выделений. Так, размеры прямоугольного зонта (А и В) можно определить из выражений

$$A = a + 0{,}8H; \qquad B = b + 0{,}8H, \qquad (7)$$

где a и b – размеры источника вредных выделений в плане, м;

H – расстояние от оборудования до низа зонта, м.

Диаметр круглого зонта

$$D = d + 0{,}8H, \qquad (8)$$

где d – диаметр источника вредных веществ, м.

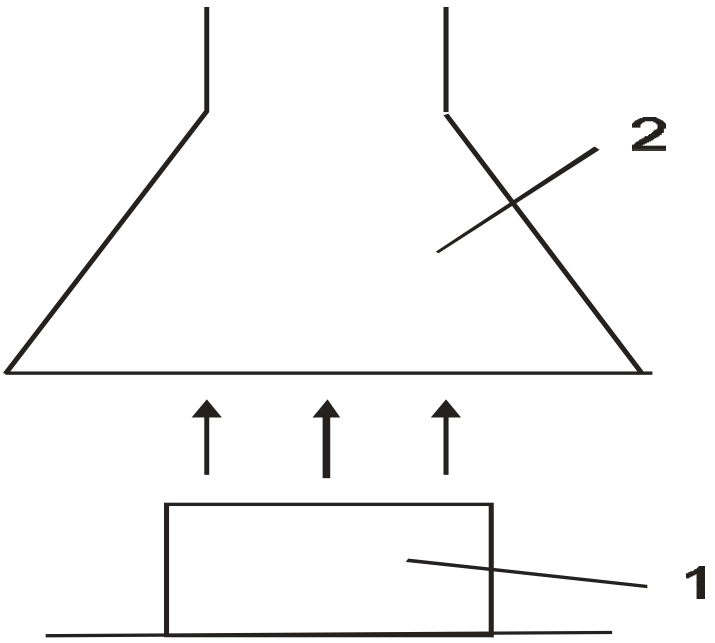


Рис. 1. Устройство вытяжного зонта: 1 – источник вредных выделений; 2 – вытяжной зонт

Расход воздуха ($м^3$/ч), подтекающего к зонту с конвективным потоком, можно определить по формуле

$$L_k = 0{,}68\sqrt{QF^2H}\,, \qquad (9)$$

где Q – количество конвективного тепла, выделенного с поверхности источника, Вт; F – площадь горизонтальной проекции источника тепловыделений, $м^2$.

Количество конвективного тепла (Вт), выделяемого источником, рассчитывают по выражению

$$Q = 1{,}5\sqrt[3]{(t_и - t_в)}\,, \qquad (10)$$

где $t_и$ и $t_в$ – температура соответственно поверхности источника тепла и воздуха, ^oC.

Расстояние от кромки зонта до источника выделений должно соответствовать условию

$$H \le 1{,}5\sqrt{F}. \qquad (11)$$

Количество воздуха, которое должен удалять вытяжной зонт, рассчитывают по выражению

$$L_з = \frac{L_к F_з}{F}\,, \qquad (12)$$

$F_з$ – площадь зонта, $м^2$

Отсасывающие панели применяют для удаления вредных выделений, увлекаемых конвективными потоками, при таких ручных операциях, как электросварка, пайка, резка металлов, газовая сварка и т.п. Панели размещаются сбоку от источника вредных выделений (рис. 2). Расход воздуха (м^3/ч), удаляемого панелью, определяется по формуле

$$L = 1{,}051 c Q^{1/3} (H + B)^{5/3}, \qquad (13)$$

где c – коэффициент пропорциональности, зависящий от конструкции панели и ее расположения относительно источника выделения; Q – количество конвективного тепла, выделяемого источником, Вт; H – расстояние от верхней плоскости источника

вредных выделений до центра всасывающих отверстий панели, м; B – ширина источника выделений, м.

Коэффициент пропорциональности для односторонней па нели без экрана определяют по выражению

$$c = 240 \left(\frac{n}{H + B} \right)^{2/3}, \qquad (14)$$

где $n = B + K$; K – расстояние от панели до источника вредных

выделений, м.

Ширина отсасывающей панели должна превышать ширину источника вредных выделений: М = 1,2А.

Для удаления паров и газов, выделяющихся от ванн в процессе металлопокрытия, травления и т.п. применяют ***бортовые отсосы***, которые могут быть одно- и двухбортными, с поддувом воздуха. Разновидностью бортовых отсосов являются кольцевые отсосы, располагаемые по периметру источника вредных выделений.

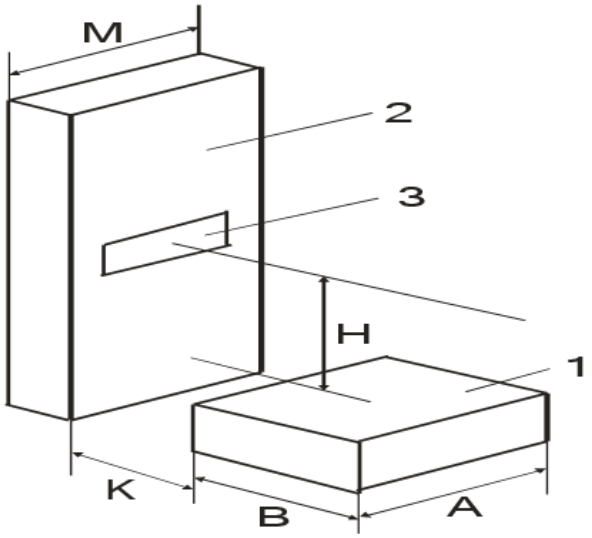


Рис. 2. Устройство односторонней отсасывающей панели: 1 – источник вредных выделений; 2 – односторонняя панель; 3 – всасывающее отверстие панели

4. Порядок выполнения работы

Решение задачи 1:

1. Для определения расхода воздуха, требуемого для нормализации температуры в помещении, по таблице № 2 находим оптимальную температуру, необходимую для заданной категории работ. Подставляя исходные данные, по формуле (3) находим требуемое количество воздуха. Затем по табл. № 1 определяем ПДК заданного вредного вещества (газа, пара, пыли) в рабочей зоне и по формуле (4) рассчитываем необходимое количествовоздуха. Результаты расчета сводим в таблицу 6.

Решение задачи 2:

По формуле (10) определяем количество конвективного тепла, выделяемого источником. Максимальное расстояние от кромки зонта до источника выделения находим по выражению (11). Затем по формуле (9) рассчитываем количество воздуха, достигающего вытяжного зонта с конвективным потоком. По формулам (7) находим размеры вытяжного зонта и по выражению

(12) подсчитываем количество воздуха, которое должен удалять вытяжной зонт. Результаты расчета сводим в таблицу 6.

Решение задачи 3:

По формуле (14) находим коэффициент пропорциональности для односторонней панели (для каждого значения параметра Н). Расход воздуха через панель рассчитываем по выражению (13) и определяем ширину отсасывающей панели. Результаты расчета сводим в табл. 6.

Таблица 6

Задача 1				Задача 2		Задача 3			
L_Q	L_{G1}	L_{G2}	$L_{\text{ТРЕБ}}$	L_k	L_3	L_1	L_2	L_3	M

Вопросы для самопроверки

1. В каких случаях необходима вентиляция в производственных помещениях?
2. Из каких условий устанавливается ПДК вредных веществв рабочей зоне?
3. На какие классы опасности делятся вредные вещества?
4. Назовите виды вентиляции.
5. По каким параметрам рассчитывают общеобменную вентиляцию?
6. Как подразделяется вентиляция по способу перемещения воздуха?

РАСЧЕТ ЗАЩИТЫ ОТ ИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ

Цель работы: оценить радиационную обстановку согласно данным варианта на соответствие нормам радиационной безопасности и научиться определять методы защиты в зависимости от вида ионизирующего излучения.

Нормативная база

1. СП 2.6.1.2612-10 «Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ-99/2010)»;
2. СанПиН 2.6.1.2523-09 «Нормы радиационной безопасности НРБ-99/2009»

ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ

В основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ – 99/2010) Санитарные правила и нормативы СП 2.6.1.2612-10 нормах радиационной безопасности Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009) установлены:

1. Три категории облучаемых лиц:

категория *А* – персонал (профессиональные работники);

категория *Б* – профессиональные работники, не связанные с использованием источников ионизирующих излучений, но рабочие места которых расположены в зонах воздействия радиоактивных излучений;

категория *В* – население области, края, республики, страны.

2. Три группы критических органов:

1-я группа – все тело, половые органы, костный мозг;

2-я группа – мышцы, щитовидная железа, жировая ткань, печень, почки, селезенка, желудочно-кишечный тракт (ЖКТ), легкие, хрусталик глаза и другие органы, за исключением тех, которые относятся к 1-й и 3-й группам

3-я группа – кожный покров, костная ткань, кисти, предплечья, стопы.

3. Основные дозовые пределы, допустимые для лиц категорий *А*, *Б* и *В*.

Основные дозовые пределы – предельно допустимые дозы (ПДД) облучения (для категории *А*) и пределы дозы (ПД) (для категории *Б*) за календарный год. ПДД и ПД измеряются в миллизивертах в год (*мЗв/год*). ПДД и ПД не включают в себя дозы естественного фона и дозы облучения, получаемые при медицинском обследовании и лечении (см. табл. 1.)

Таблица 1 – Основные дозовые пределы, мЗв/год

Категория облучаемых лиц	Группа критических органов		
	1-я	2-я	3-я
А	20	150	500
В	1	15	50

Примечание. Дозы облучения для персонала категории *Б* не должны превышать ¼ значений для персонала категории *А*.

ПДД – наибольшее значение индивидуальной эквивалентной дозы облучения за календарный год, которое при равномерном воздействии в течение 50 лет не вызовет в состоянии здоровья персонала неблагоприятных изменений, обнаруживаемых современными методами.

ПД – основной дозовый предел, при котором равномерное облучение в течение 70 лет не вызовет изменений здоровья, обнаруживаемых современными методами.

1. МЕТОДИКА ОЦЕНКИ.

При проведении радиационного контроля и оценке соответствия параметров радиационной обстановки нормативам должны соблюдаться следующие соотношения:

$$Н \leq ПДД, \qquad (1.)$$

где *H* – максимальная эквивалентная доза излучения на данный критический орган, *мЗв/год* :

$$H = D \cdot k, \qquad (2.)$$

где *D* – поглощенная доза излучения, *мЗв/год*; *k* – коэффициент качества излучения (безразмерный коэффициент, на который следует умножить поглощенную дозу рассматриваемого излучения для получения эквивалентной дозы этого излучения);
Для категории *B*

$$H \leq ПД, \qquad (3.)$$

где *H* рассчитывают по формуле (2.)
Таблица 2 – Значения коэффициента k приведены ниже.

Вид излучения	*k*
Рентгеновское и γ - излучение	1
Электроны и позитроны, β – излучение	1
Протоны с энергией < 10 *МэВ*	10
Нейтроны с энергией < 0,02 *МэВ*	3
Нейтроны с энергией 0,1 …10 *МэВ*	10
A – излучение с энергией < 10 *МэВ*	20
Тяжелые ядра отдачи	20

МЕТОДЫ ЗАЩИТЫ ОТ ИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ

В зависимости от типа ионизирующего излучения могут быть разные меры защиты: уменьшение времени облучения, увеличение расстояния до источников ионизирующего излучения, ограждение источников ионизирующего излучения, герметизация источников ионизирующего излучения, оборудование и устройство защитных средств, организация дозиметрического контроля, меры гигиены и санитарии.

Защита от альфа-излучения осуществляется путём:

- увеличения расстояния до источника ИИ, т.к. альфа-частицы имеют небольшой пробег;
- использования спецодежды и спецобуви, т.к. проникающая способность альфа-частиц невысока;
- исключения попадания источников альфа-частиц с пищей, водой, воздухом и через слизистые оболочки, т.е. применение противогазов, масок, очков и т.п.

В качестве защиты от бета-излучения используют:

- ограждения (экраны), с учётом того, что лист алюминия толщиной несколько миллиметров полностью поглощает поток бета-частиц;
- методы и способы, исключающие попадание источников бета-излучения внутрь организма.

Защиту от рентгеновского излучения и гамма-излучения необходимо организовывать с учётом того, что эти виды излучения отличаются большой проникающей способностью. Наиболее эффективны следующие мероприятия (как правило, используемые в комплексе):

- увеличение расстояния до источника излучения;
- сокращение времени пребывания в опасной зоне;
- экранирование источника излучения материалами с большой плотностью (свинец, железо, бетон и др.);
- использование защитных сооружений (противорадиационных укрытий, подвалов и т.п.) для населения;
- использование индивидуальных средств защиты органов дыхания, кожных покровов и слизистых оболочек;

- дозиметрический контроль внешней среды и продуктов питания.

При использовании различных защитных экранов следует учитывать, что мощность экспозиционной дозы ионизирующего излучения снижается в соответствии с величиной коэффициента ослабления (Косл). Коэффициент ослабления определяется из выражения:

$$Косл = 2^{\left(\frac{h}{d_{пол}}\right)}, \qquad 2^{0,31} \qquad (4.)$$

где h – толщина защитного слоя, см;

$d_{пол}$ – толщина слоя, ослабляющего радиацию в 2 раза, см.

Толщина слоя половинного ослабления ($d_{пол}$) для нейтронного излучения определяется по справочным данным (табл. 7).

Толщина слоя половинного ослабления для γ-излучения источников ИИ на местности и при ядерном взрыве находится по таблице 7.

Если защитная преграда состоит из нескольких слоев, то подсчитывают степень ослабления для каждого слоя в отдельности, а затем перемножают полученные значения коэффициентов, т.е.:

$$Косл.общ = \prod_{i=1}^{n} Косл i, \quad 1,24*1,24= 1 \qquad (7)$$

где Косл i – коэффициент ослабления i-го материала.

Таблица 3 – Толщина слоя половинного ослабления различных материалов

Материал	$d_{пол}$, см		
	для нейтронов	для γ-излучения на местности	для γ-излучения ядерного взрыва
Вода	2,7	13,0	23,0
Древесина	9,7	19,0	33,0
Полиэтилен	2,7	14,0	24,0
Грунт	12,0	7,2	13,0
Кирпичная кладка	10,0	8,4	14,4
Стекло	11,0	9,3	16,5
Бетон	12,0	5,6	10,0
Сталь	11,5	1,8	3,0
Свинец	12,0	1,3	2,0
Стеклопластик	4,0	8,0	12,0

Доза облучения при размещении или действиях на загрязненной местности определяется по формуле:

$$Д = \frac{P_{СР} \cdot t_{ОБЛ}}{Косл общ}, \qquad (8)$$

$$P_{СР} = \frac{H + D}{2}, \qquad (9)$$

где $P_{СР}$ – средний уровень радиации (мощность дозы излучения);

H – максимальная эквивалентная доза излучения;

D – поглощенная доза излучения, мЗв/год;

$\Delta t_{ОБЛ}$ – продолжительность облучения, час.

2. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАНИЯ.

2.1. Получить вариант задания о преподавателя.

3.2. Ознакомиться с методикой.

3.3. В соответствии с категорией облучаемых лиц, группой критических органов и режимов работы определить основные дозовые пределы (ПДД и ПД).

3.4. По формуле (2.) определить максимальную эквивалентную дозу излучения.

3.5. С помощью формул (1.) и (3.) сделать вывод о соответствии радиационной обстановки нормам радиационной безопасности.

3.6. Рассчитать кратность ослабления нейтронного излучения различными материалами по формуле (4), γ-излучения источников ИИ и γ-излучения проникающей радиации ядерного взрыва многослойным укрытием/
3.7. Рассчитать дозу облучения при размещении или действиях на загрязненной местности определяется по формуле (8).
3.8. Сделать вывод и сдать преподавателю.

Вопросы для самопроверки

1. Как проводят нормирование ионизирующего излучения?
2. Какие виды ионизирующего излучения вы знаете?
3. Что означает группы критических органов?
4. Назовите методы защиты от альфа-излучения ионизирующих излучений
5. Назовите методы защиты от гамма-излучения ионизирующих излучений
6. Назовите методы защиты от бетта-излучения ионизирующих излучений
7. Что означает коэффициент ослабления радиации?
8. Назовите методы защиты от рентген-излучения ионизирующих излучений
9. Перечислите документы, регламентирующие ионизирующего излучения на производственных площадках.
10. Какие источники ионизирующего излучения вы знаете?

РАСЧЕТ КОЭФФИЦИЕНТОВ БЕЗОПАСНОСТИ ТЕХНОСФЕРЫ

Цель работы: определить категорию тяжести труда и соответствующие рекомендации по льготам и доплатам согласно, рассчитанной интегральной бальной оценки тяжести и напряженности работника по данным СОУТ рабочего места заданной профессии по варианту.

Нормативная база

1. Федеральный закон от 28.12.2013 N 426-ФЗ (ред. от 23.06.2014) «О специальной оценке условий труда» (последняя редакция от 30.12.2020 N 503-ФЗ);
2. Приказ Минтруда России от 24.01.2014 N 33н «Об утверждении Методики проведения специальной оценки условий труда, Классификатора вредных и (или) опасных производственных факторов, формы отчета о проведении специальной оценки условий труда и инструкции по ее заполнению» (включен в перечень НПА, на которые не распространяется требование об отмене с 1 января 2021 г., установленный Федеральным законом от 31 июля 2020 г. N 247-ФЗ);
3. Руководство Р 2.2.2006-05 «Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда». (утв. Главным государственным санитарным врачом РФ 29 июля 2005 г.)

ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ

В настоящее время в перечень реально действующих техногенных негативных факторов значителен и насчитывает более 100 видов. К наиболее распространенным и обладающим достаточно высокими энергетическими уровнями относятся производственные факторы, из них выделяют опасные и вредные для здоровья человека [3].

Согласно ГОСТ 12.0.002-2014 [4] «Термины и определения» опасным производственным фактором (ОПФ) называется такой производственный фактор, воздействие которого на работающего в определенных условиях приводит к травме или к внезапному резкому ухудшению здоровья, например, повышенное напряжение в электрической цепи, падающие предметы, высота, движущиеся машины и механизмы, обломки разрушающихся конструкций и т.д.

Вредным производственным фактором (ВПФ) называется такой производственный фактор, воздействие которого на работающего в определенных условиях приводит к

заболеванию или снижению трудоспособности. К ним относятся: запыленность и загазованность воздуха; повышенные шумы и вибрации; электромагнитные поля; ионизирующие излучения; недостаточное освещение и пр.

В соответствии ГОСТ 12.0.003-2015 [6] «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» различают следующие виды классификаций:

По происхождению подразделяют на следующие две основные группы:

– факторы производственной среды;

– факторы трудового процесса.

По критерию возможности причинения вреда организму работающего человека выделяют:

– неблагоприятные производственные факторы;

– производственные факторы, не являющиеся неблагоприятными, то есть нейтрального или благоприятного действия.

Опасные и вредные производственные факторы по характеру своего происхождения подразделяют:

– на факторы, порождаемые физическими свойствами и характеристиками состояния материальных объектов производственной среды;

– факторы, порождаемые химическими и физико-химическими свойствами используемых или находящихся в рабочей зоне веществ и материалов;

– факторы, порождаемые биологическими свойствами микроорганизмов, находящихся в биообъектах и (или) загрязняющих материальные объекты производственной среды и пр.

Таким образом, в процессе трудовой деятельности на здоровье и работоспособность человека оказывают влияние самые разнообразные факторы, определяя условия труда [7].

Условия труда — это совокупность факторов производственной среды и трудового процесса, в которых осуществляется деятельность человека, и оценивают по 4 классам на основании Федерального закона от 28.12.2014 N 426-ФЗ «О специальной оценке условий труда» (СОУТ) [8] (рис.1).

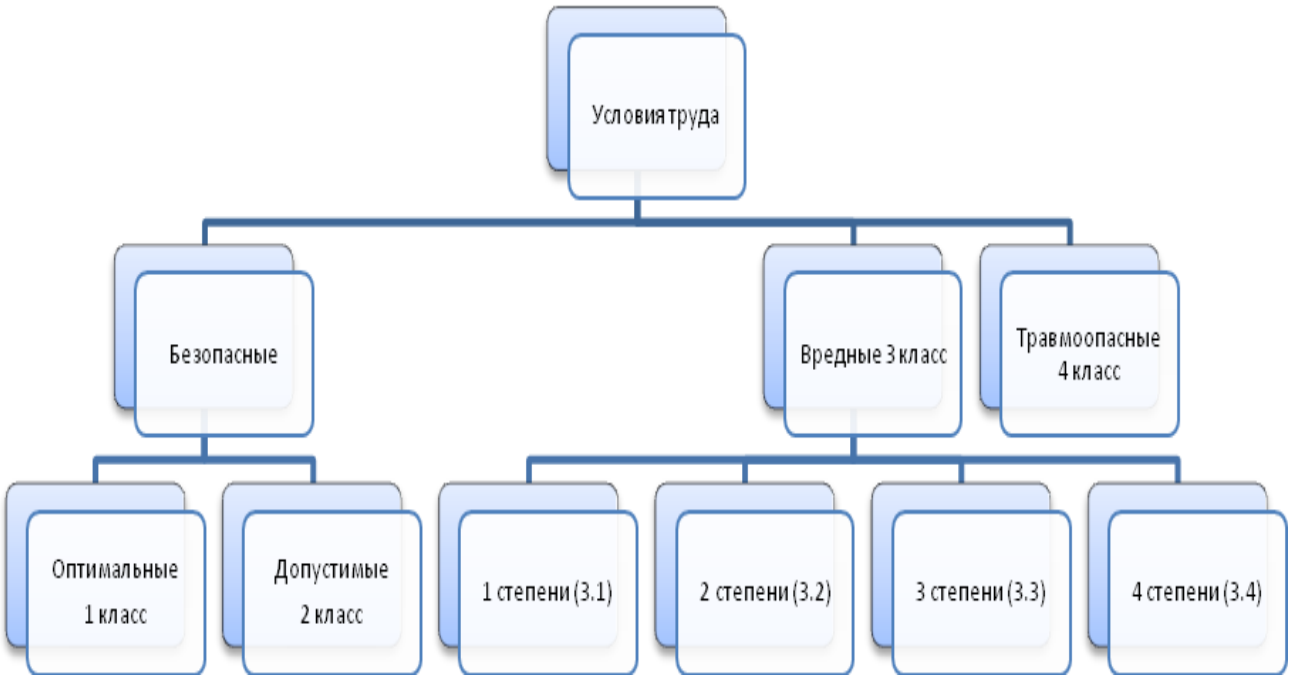


Рисунок 1 – Классы условий труда на конкретном рабочем месте

Исследование условий труда работников, с использованием теоретического анализа представляет собой многомерную статистическую обработку всех производственных факторов на рабочем месте, определяющие интегральную (суммарную) оценку вредности условий труда. Интегральным показателем, характеризующим психофизиологические, санитарно-гигиенические, эстетические, социально - психологические условия труда, а также режим труда и отдыха, является показатель степени тяжести и напряженности как физического, так и умственного труда.

Рабочее место – место выполнения трудовых функции работника, который находится под воздействием различных физических, химических, биологических факторов, а также факторов тяжести и напряженности трудового процесса. Комплексную оценку факторов рабочей среды проводят на основе методики физиологической классификации тяжести работ. Тяжесть труда – характеристика трудового процесса, отражающая преимущественную нагрузку на опорно–двигательный аппарат и функциональные системы организма (сердечно-сосудистую, дыхательную и др.), обеспечивающие жизнедеятельность. Тяжесть труда характеризуется: физической динамической нагрузкой, массой поднимаемого и перемещаемого груза, общим числом стереотипных рабочих движений, величиной статической нагрузки, формой рабочей позы, степенью наклона корпуса, перемещениями в пространстве.

Известно, что организм человека – это единая целостная система, которая интегрально реагирует на воздействие самых разнообразных сочетаний производственных факторов, вызывая различные отклонения, в том числе риск профессиональных заболеваний.

Профессиональный риск – это величина вероятности нарушения здоровья с учетом тяжести последствий в результате неблагоприятного влияния факторов производственной среды и трудового процесса. Оценка профессионального риска проводится с учетом величины экспозиции показателей, состояния здоровья и утраты работоспособности.

Основываясь на показателях интегральных реакций организма, можно судить об уровне самих условий труда. На этом принципе разработана медико-физиологическая классификация, разработанная НИИ труда, в соответствии с которой все работы по тяжести могут быть разделены на шесть категорий:

1. К первой категории тяжести относятся работы, выполняемые в условиях, близких к физиологическому комфорту. При этом физические и нервно–эмоциональные нагрузки полностью соответствуют физиологическим возможностям человека.

2. Ко второй категории тяжести относятся работы, выполняемые в благоприятных условиях труда, не превышающих предельно допустимые значения производственных факторов.

3. К третьей категории тяжести относятся работы, выполняемые в неблагоприятных условиях труда. Они могут быть устранены при улучшении режима труда и отдыха в данных условиях.

4. Работы четвертой категории тяжести характеризуются некоторыми предпатологическими явлениями и существенным снижением работоспособности, ухудшением точности и быстроты, привычных рабочих движений, увеличением количества и тяжести производственных травм.

5. К пятой категории относятся работы, выполняемые в неблагоприятных (экстремальных) условиях труда, приводящих в конце рабочего дня или недели к патологическому состоянию организма.

6. При выполнении работ шестой категории тяжести патологические изменения отмечаются вскоре после начала работы, носят острый и стойкий характер.

Для определения категории тяжести работ каждый из факторов рабочей среды, реально действующий на человека (табл. 1), оценивают по шестибалльной шкале и определяют интегральную балльную оценку тяжести труда.

Таблица – 1 Категории тяжести работ в соответствии интегральной балльной оценки тяжести труда

Интегральная оценка, баллы	Категория тяжести	Возможные льготы и доплаты		
		Доплата, %	Дополнительный отпуск, дни	Сокращ. рабочий день, ч
До 1,8	1	-	-	-
1,8…3,3	2	-	-	-
3,4…4,5	3	4-8	До 6	-
4,6…5,3	4	8-16	6-12	-
5,4…5,9	5	16-20	12-18	1,5-2
более 5,9	6	20-24	12-18	1,5-2,5

При проведении специальной оценки условий труда на рабочем месте применяется методика, утвержденная приказом Минтруда РФ [9].

Методика расчета

Определение категории тяжести работ проводят в несколько этапов. Вначале каждый из факторов рабочей среды X_i, реально действующий на работника, оценивают по шестибалльной шкале (табл. 2.), таким образом, фактические значения каждого производственного фактора после проведенной специальной оценки условий труда переводятся в безразмерные величины (в баллы).

Таблица 2 – Критерии для бальной оценки факторов рабочей среды

Фактор рабочей	Оценка, баллы					
	1	2	3	4	5	6
Температура воздуха на рабочем месте, ^{0}С: теплый период	18-20	21-22	23-28	29-32	33-35	>35
холодный период	20-22	17-19	15-16	7-14	Ниже +7	-
Токсичное вещество, кратность превышения ПДК, раз	-	≤ 1	1,0-2,5	2,6-4,0	4,0-6,0	>6
Промышленная пыль, кратность превышения ПДК, раз.	-	≤ 1,0	1-5	6-10	11-30	> 30
Вибрация, превышение ПДУ, дБ	Ниже ПДУ	На уровне ПДУ	1-3	4-6	7-9	> 9

Фактор рабочей	Оценка, баллы					
	1	2	3	4	5	6
Промышленный шум, превышение ПДУ, дБ	< 1	Равно ПДУ	1-5	6-10	> 10	> 10 с вибрацией
Ультразвук, превышение ПДУ, дБ	< 1	Равно ПДУ	1-5	6-10	11-20	> 20
Интенсивность теплового излучения, кВт/м^2	≤ 0,14	0,141-1	1,001-1,5	1,501-2	2,001-2,5	>2,5
Освещенность рабочего места, лк: Мин. объект различения, мм	> 1	1,0-0,3	< 0,3	> 0,5	< 0,5	-
Разряд	5-9	3-4	1-2	4-9	1-3	-
Физическая динамическая нагрузка, Дж: Общая х10^5	4,2	4,3-8,3	8,4-12	13-17	18-20	> 20
Региональная х10^5	2,1	2,2-4,2	4,3-6,2	6,3-8,3	8,4-10	> 10
Физическая статическая нагрузка, Н · с: На одну руку х10^4	< 18	18-36	37-70	71-97	> 97	-
На две руки х10^4	< 43	43-86	87-144	145-220	> 220	-
На мышцы корпуса х10^4	< 61	61-123	124-210	211-300	> 300	-
Рабочее место (РМ), поза и перемещение в пространстве	РМ стационарное, поза свободная, масса перемещаемого груза до 5 кг	РМ стационарное, поза свободная, масса перемещаемого груза свыше 5 кг	РМ стационарное, поза несвободная, до 25% времени – в наклонном	РМ стационарное, поза вынужденная, – до 50% рабочей смены	РМ стационарное, поза вынужденная, неудобная – свыше 50% рабочей смены	РМ стационарное, поза вынужденная, наклоны под углом 60^0 до 300 раз за

Фактор рабочей	Оценка, баллы					
	1	2	3	4	5	6
Сменность	Утренняя смена	Две смены	Три смены	Нерегулярн. смены	-	-
Продолжительность непрерывной работы в течение	-	< 8	< 12	> 12	-	-
Длительность сосредоточенного наблюдения, % от продолжительности	< 25	25-50	51-75	76-90	> 90	-
Число важных объектов	< 5	5-10	11-25	> 25	-	-
Темп (число движений в час): Мелких (кисти)	< 360	361-720	721-1080	1081-3000	> 3000	-
Крупных (руки)	< 250	251-500	501-750	751-1600	> 1600	-
Число сигналов в час	< 75	76-175	176-300	> 300	-	-
Монотонность: Число приемов в операции	> 10	6-10	3-5	3-5	2-1	2-1
Длительность повторяющихся операций, с	> 100	31-100	20-30	10-19	5-9	1-4
Режим труда и отдыха	Обоснованный, с включением музыки и гимнастики	Обоснованный без включения музыки и гимнастики	Отсутствие обоснованн. режима труда и отдыха	-	-	-

Фактор рабочей	Оценка, баллы					
	1	2	3	4	5	6
Нервно-эмоциональная нагрузка	Простые действия по индивидуальному плану	Простые действия по заданному плану	Сложные действия по заданному плану с возможность коррекции	Сложные действия по заданному плану при дефиците времени	Ответствен. за безопасность людей. Личный риск при дефиците времени.	-

Затем проводят уточнение балла X_i по каждому из действующих факторов с учетов фактического времени его воздействия на человека (t_p – продолжительность действия какого-то фактора в минутах).

Интегральная балльная оценка тяжести и напряженности труда рассчитывается по формуле:

$$U_T = X_{\max} + \frac{6 - X_{\max}}{6(N-1)} \sum_{i=1}^{n} X_{фi}\,, \qquad (1)$$

где X_{max} – наивысшая из полученных частных балльных оценок;
N – общее число факторов;
$X_{фi}$ - оценка удельной тяжести фактора рабочей среды;
n – число учитываемых факторов без учета одного фактора X_{max} .

Данная формула справедлива, если каждый из учитываемых факторов действует в течение всего рабочего дня, т.е. 8 ч (480 мин). Если какой-либо из факторов действует менее 8 ч, то его фактическая оценка:

$$X_{фi} = X_i \cdot t_{удi} \qquad (2)$$

$$t_{удi} = \frac{t_p}{480} \qquad (3)$$

где $t_{удi}$ – удельный вес времени действия *i*-го фактора в общей продолжительности рабочего дня; t_p - продолжительность действия фактора, *мин.*

Для удобства выполнения задания все данные следует занести в табл. 3.

Таблица 3 – Расчет интегральной балльной оценки тяжести труда.

№ п/п	Фактор рабочей среды и условия труда (исходные данные)	Значение показателя (исходные данные)	Балльная оценка фактора, X_i (см. табл. 2.)	Продолжительность действия фактора t_p, мин (исходные данные)	Удельный вес времени действия фактора $t_{удi}$ (см. формула. 3)	Оценка удельной тяжести фактора рабочей среды $X_{фi}$ (см. формула. 2)
1	2	3	4	5	6	7

Порядок выполнения задания

1. Получить вариант задания у преподавателя (Приложение 1).
2. Изучить основные положения и методику расчета.
3. Заполнить таблицу 3: занести исходные данные каждого фактора, определить величину каждого фактора X_i в баллах, рассчитать удельный вес времени действия фактора $t_{удi}$ по формуле 3 и оценку удельной тяжести фактора рабочей среды $X_{фi}$ по формуле 2.

4. Определить интегральную бальную оценку тяжести труда по формуле 1.
5. Зная интегральную бальную оценку, определить категорию тяжести труда и дать ее определение, а также соответствующие рекомендации по льготам и доплатам. Сделать вывод по работе.

Вопросы для самопроверки

1. Назовите виды и формы трудовой деятельности, по каким признакам осуществляется их классификация.
2. Дайте определение тяжести и напряжённости труда на рабочем месте, как осуществляется классификация категории тяжести работ согласно действующего законодательства.
3. Что такое производственная санитария и гигиена труда?
4. Назовите пути создания благоприятных условий труда.
5. Как классифицируют условия труда на классы по ФЗ-426 «О спецоценки условий труда»?
6. Какие производственные факторы вы знаете и как они классифицируются по ГОСТ 12.0.003-2015?
7. Что такое работоспособность, назовите пути ее повышения.
8. Дайте определение эргономике, как системы «Человек-Машина», перечислите виды совместимости в этой системе.
9. Дайте описание методики, которая применяется при проведении специальной оценки условий труда на рабочем месте, утвержденная приказом Минтруда РФ.

РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ МИКРОКЛИМАТА И ВЫБОР ОПТИМАЛЬНЫХ КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ

Цель работы: рассчитать показатели микроклимата в рабочей зоне, сравнить с нормативными значениями и если микроклимат в рабочей зоне не соответствует норме определить методы защиты от неблагоприятного воздействия микроклиматических условий.

Нормативная база

1. СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания»;
2. ГОСТ 12.1.005-88 «ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны»;
3. СП 2.2.3670-20 «Санитарно-эпидемиологические требования к условиям труда».

ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ

Показатели микроклимата должны обеспечивать сохранение теплового баланса человека с окружающей средой и поддержание оптимального или допустимого теплового состояния организма, которые устанавливаются Санитарно-эпидемиологическими правилами и нормативами СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания». Требования в СанПиН к показателям микроклимата рабочих мест установлены с учетом общих энерготрат (таблица 1) работающих продолжительности выполнения работы, периодов года.

Таблица 1– Категории по физической тяжести работы

Легкие физические работы	
Iа	при которой энергозатраты составляют 120 ккал/ч, относятся работы, проводимые сидя и сопровождающиеся незначительным физическим усилием
I6	при которой энергозатраты составляют 150ккал/ч. относятся работы, проводимые сидя, стоя или связанные с ходьбой и сопровождающиеся некоторым физическим усилием.
Средней тяжести	

IIа	при которой энергозатраты составляют до 200ккал/ч, относятся работы, связанные с постоянной ходьбой, перемещением мелких предметов (до 1 кг) в положении стоя или сидя и требующие определенных физических усилий.
IIб	при которой энергозатраты составляют до 250ккал/ч. относятся работы, связанные с ходьбой, перемещением и перенесением тяжестей массой до 10 кг и сопровождающиеся умеренным физическим усилием.
Тяжелые физические работы	
III	характеризуются расходом энергии более более 250 ккал/ч. Относятся работы, связанные с постоянными передвижениями, перемещением и переносом тяжестей свыше 10 кг и требующие больших физических усилий.

Измерить комфортность (тепловое ощущение) человека какими-либо физическими величинами невозможно, поэтому необходима величина, которая определяла бы тепловое ощущение человека и в то же время являлась функцией величин, характеризующих состояние среды (t, φ, ν) – степень комфорта, которую можно оценить по соотношению Д.Ван-Зейлейна:

$$K=7{,}83-0{,}1\cdot T_в-0{,}0968\cdot T_{ст}-2{,}8\cdot 10^{-4}\cdot P_п-0{,}0367\cdot\sqrt{\upsilon}\cdot(37{,}8-T_в) \quad (1),$$

где К- степень комфорта или показатель самочувствия; $T_в$ – температура воздуха в цехе, ºС $T_{ст}$ –средняя температура нагретых поверхностей, определяющая лучистый теплообмен, ºС, определяется как $T_{ст} = T_в – 1$ ºС; $P_п$ – парциальное давление водяных паров, Па; υ - скорость движения воздуха.

парциальное давление водяных паров рассчитывают по формуле:

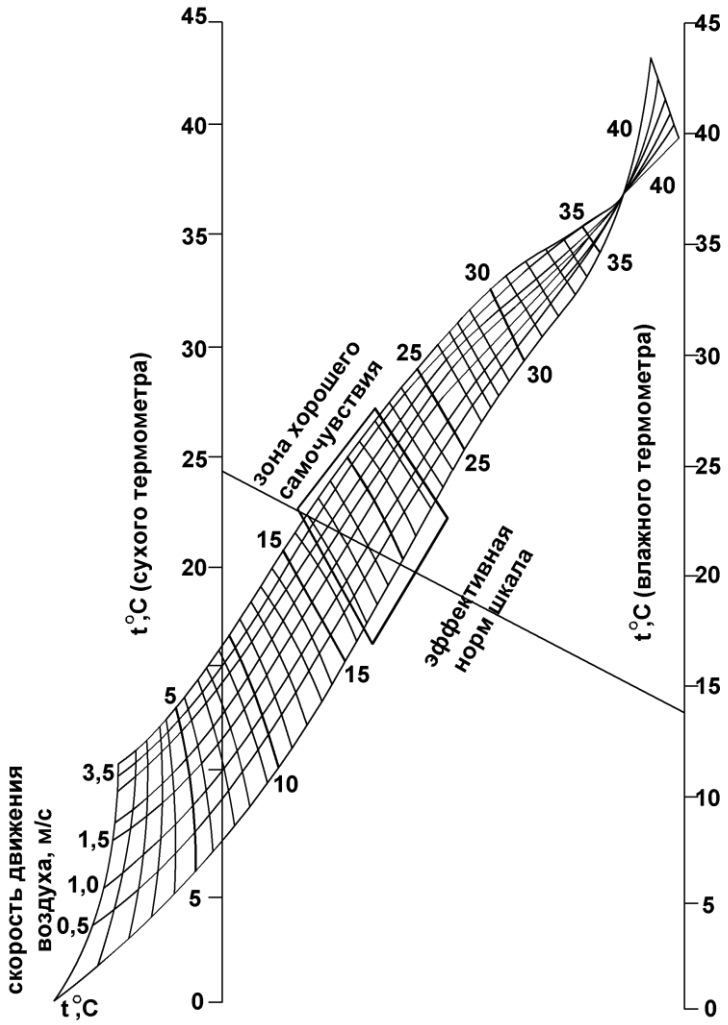
$P_п = ω \cdot P_{нас}$, где ω - относительная влажность воздуха, %; $P_{нас}$ - давление насыщенных паров, кПа, при Тв – температура воздуха в цехе, °С, по справочным данным таблица 2.

Таблица 2 –Давление насыщенных водяных паров при разных температурах

Тв, °С,	$P_{нас}$, кПа	Тв, °С,	$P_{нас}$, кПа
15	1,7	23	2,81
16	1,8	24	2,99
17	1,94	25	3,17
18	2,06	26	3,35
19	2,19	27	3,53
20	2,34	28	3,71
21	2,48	29	3,89
22	2,64	30	4,07

Показатель комфорта имеет следующие значения: 1-очень жарко;2-слишком тепло; 3-приятное тепло; 4-комфортно; 5-прохладно; 6-холодно; 7-очень холодно.

Микроклимат помещений – это климат внутренней среды этих помещений, который определяется сочетанием следующих параметров: температуры t (^{0}С), относительной влажности φ (%), скорости движения воздуха υ (м/с), температуры окружающих поверхностей (интенсивности теплового излучения) и барометрическое давление. Влажность воздуха определяется при помощи прибора психрометра, принцип его работы, основан на разности показаний сухого и влажного термометров в зависимости от влажности окружающего воздуха. Аспирационный психрометр состоит из двух одинаковых ртутных термометров 1 (рис. 1), резервуары которых помещены в трубки защиты 2. Эти трубки соединены с воздухопроводными трубками 3, на верхнем конце которых укреплён аспирационный блок с крыльчаткой 5, заводимый ключом 4.



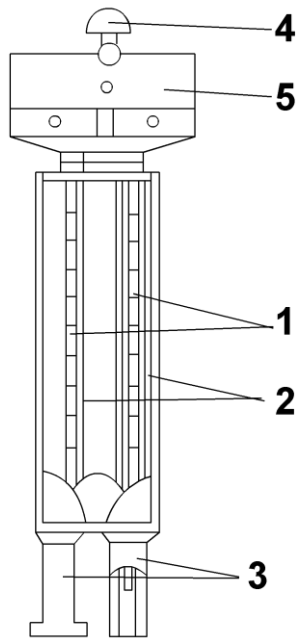


Рисунок – 1. Аспирационный психрометр

Рисунок – 2. Номограмма определения параметров микроклимата (ЭТ, ЭЭТ)

Относительная влажность воздуха определяется по следующей формуле:

$$\varphi = (W / F_{сух}) * 100 \qquad (2),$$

где φ – относительная влажность , %; $F_{сух}$ – значение максимальной влажности при температуре сухого термометра $T_{сух}$ (берётся из табл 3).

Таблица 3 – Максимальная влажность в зависимости от температуры воздуха, г/м^3

Целые градусы	Десятые доли градусов									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
8	8,04	8,10	3,16	8,21	8,27	8,32	8,38	8,44	8,49	8,55
9	8,61	8,67	8,73	8,79	8,84	8,90	8,96	9,02	9,09	9,15
10	9,21	9,27	9,33	9,40	9,46	9,52	9,58	9,65	9,71	9,78
11	9,84	9,91	9,98	10,04	10,11	10,18	10,24	10,31	10,38	10,45
12	10,52	10,59	10,65	10,73	10,80	10,87	10,94	11,01	11,08	11,16
13	11,23	11,30	11,38	11,45	11,53	11,60	11,68	11,76	11,83	11,91
14	11,99	12,06	12,14	12,22	12,30	12,38	12,46	12,54	12,62	12,71
15	12,70	12,87	12,95	13,04	13,12	13,20	13,29	13,38	13,46	13,55
16	13,65	13,72	13,81	13,90	13,99	14,08	14,17	14,26	14,35	14,44
17	14,53	14,62	14,72	14,81	14,90	15,00	15,09	15,19	15,28	15,38
18	15,48	15,58	15,67	15,77	15,87	15,97	16,07	16,17	16,27	16,37
19	16,48	16,58	16,67	16,79	16,89	17,00	16,10	17,21	17,32	17,43
20	17,54	17,64	17,75	17,86	17,97	18,00	18,20	18,31	18,42	18,54
21	18,65	18,76	18,88	19,00	19,11	19,23	19,35	19,47	19,59	19,71
22	19,85	19,95	20,07	20,19	20,32	20,44	20,56	20,69	20,82	20,94

23	21,07	21,20	21,32	21,45	21,58	21,71	21,84	21,93	22,11	22,24
24	22,38	22,51	22,65	22,78	22,92	23,06	23,29	23,34	23,48	23,62
25	23,76	23,90	24,04	24,18	24,33	24,47	24,62	24,76	24,91	25,06
26	25,21	25,36	25,51	25,66	25,81	25,96	26,12	26,27	26,43	26,58
27	26,74	26,90	27,07	27,21	27,37	27,54	27,70	27,86	28,02	28,18
28	28,35	28,51	28,68	28,85	29,02	29,18	29,35	29,52	29,70	29,87
29	30,04	30,22	30,39	30,57	30,74	30,92	31,10	31,28	31,46	31,64
30	31,82	32,01	32,19	32,38	32,56	32,75	32,93	33,12	33,31	33,50
31	33,70	33,89	34,08	34,28	34,47	34,67	34,86	35,06	35,26	33,46
32	35,66	35,86	36,07	36,27	36,48	36,68	36,89	37,10	37,31	37,52
33	37,73	37,94	38,16	38,37	38,58	38,80	39,02	39,24	39,46	39,668
34	39,90	40,12	40,34	40,57	40,80	41,02	41,25	41,48	41,71	41,94

Величина абсолютной влажности определяется по формуле:

$W = F_{вл} - 0,5 (T_{сух} - T_{вл}) *(P/755)$ (3), где $F_{вл}$ - максимальная влажность при температуре влажного термометра $T_{вл}$ (таблица 3); $T_{сух}$; $T_{вл}$ – температуры, показанные соответственно сухим и влажным термометрами, ^{0}C; P – барометрическое давление, мм рт. ст.

Для оценки субъективных ощущений человека введены условные единицы измерения в виде так называемых температур: эффективной и эффективно-эквивалентной (определяются по номограмме рисунок 2).

Под эффективной температурой (ЭТ) понимают температуру насыщенного неподвижного воздуха, обладающего такой же охлаждающей способностью, как воздух с заданными значениями температуры и влажности. Другими словами, эффективная температура – температура, ощущаемая человеком при определённой относительной влажности и отсутствии движения воздуха в помещении.

Эффективно-эквивалентной температурной (ЭЭТ) называется температура, ощущаемая человеком при относительной влажности и движении воздуха.

В соответствии с СанПиН 2.2.4.3359-16 устанавливаются оптимальные и допустимые микроклиматические условия в зависимости от категории выполняемой работы и времени года, а также интенсивность теплового излучения.

Оптимальные микроклиматические условия – сочетание параметров микроклимата, которые при длительном и систематическом воздействии на человека обеспечивают сохранение нормального функционального и теплового состояния организма без напряжения реакций терморегуляции. Они обеспечивают ощущение теплового комфорта и создают наиболее благоприятные условия для высокой работоспособности. Оптимальные показатели распространяются на всю рабочую зону.

Допустимые микроклиматические условия – сочетание параметров микроклимата, которые при длительном и систематическом воздействии на человека могут вызвать приходящее и быстро нормализующееся изменение функционального и теплового состояния и напряжение реакций терморегуляции, не выходящие за пределы физиологических приспособительных возможностей. При этом не возникает повреждений или нарушений состояния здоровья, но могут наблюдаться ощущения теплового дискомфорта, ухудшение самочувствия и понижение работоспособности.

Допустимые показатели устанавливают раздельно для постоянных и непостоянных рабочих мест.

Под временем года подразумевают два периода: холодный (среднесуточная температура воздуха менее +10°C) и тёплый (соответствующее значение более +10^{0}C).

Таблица 4– Оптимальные и допустимые величины показатели микроклимата на рабочих местах

Период года	Категории работ	Температура, °С		Температура поверхностей, ^{0}С		Относительная влажность, %		Скорость движения воздуха, м/с	
		Оптимальная	Допустимая	Оптимальная	Допустимая	Оптимальная	Допустимая	Оптимальная, не более	Допустимая, не более
холодный	Iа	22-24	20-25	21-25	19-26	40-60	15-75	0,1	0,1
	I6	21-23	19-24	20-24	18-25	40-60	15-75	0,1	0,1-0,2
	IIа	18-20	17-23	16-20	14-23	40-60	15-75	0,2	0,1-0,3
	II б	17-19	15-21	18-22	15-28	40-60	15-75	0,2	0,2-0,4
	III	16-18	13-21	15-19	12-22	40-60	15-75	0,3	0,2-0,4
теплый	Iа	23-25	21-28	22-26	20-29	40-60	15-75	0,1	0,1-0,2
	I6	22-24	20-28	21-25	19-29	40-60	15-75	0,1	0,1-,3
	IIа	21-23	18-23	19-23	17-28	40-60	15-75	0,2	0,2-0,4
	II б	20-22	16-27	18-22	15-28	40-60	15-75	0,2	0,2-0,5
	III	18-20	15-26	17-21	14-27	40-60	15-75	0,3	0,2-0,5

Методы снижения неблагоприятного влияния производственного микроклимата регламентируются «санитарными правилами по организации технологических процессов и гигиеническими требованиями к производственному оборудованию» и осуществляются комплексом:

- инженерно-технологических,
- санитарно-технических,
- организационных,
- медико-профилактических,
- архитектурно-планировочных мероприятий.

Ведущая роль в профилактике вредного влияния высоких температур принадлежит инженерно-технологическим мероприятиям: герметизация оборудования, максимальная механизация и автоматизация технологических процессов с выводом работающих из «горячих зон», оптимальное размещение оборудования и рабочих мест, автоматический контроль и сигнализация). К группе санитарно-технических мероприятий относится применение коллективных средств защиты (средств, используемых для предотвращения или уменьшения воздействия на работников вредных и опасных производственных факторов): локализация тепловыделений теплоизоляция горячих поверхностей экранирование источников либо рабочих мест, воздушное душирование, общеобменная вентиляция, кондиционирование воздуха. Организационные мероприятия по снижению неблагоприятного действия производственного микроклимата включают в себя обеспечение работников средствами индивидуальной защиты и обучение правильному пользованию этими средствами, регламентация времени работы (перерывы в работе, сокращение рабочего дня, увеличение продолжительности отпуска, уменьшение стажа работы и т. д.). Медико-профилактические мероприятия (предварительный и периодический медицинские осмотры рабочих и служащих) служат для предупреждения несчастных случаев и аварий, которые могли бы произойти вследствие наличия у человека различных скрытых заболеваний или нарушений психофизиологических функций организма.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАНИЯ.

1. Получить вариант задания о преподавателя.
2. Ознакомиться с формулами расчета паромеров микроклимата.
3. Рассчитать относительную влажность воздуха на рабочем месте по формуле 2, используя значения абсолютной влажности, которая рассчитывается по формуле 3.

4. Определить показатель комфорта по следующим значениям: 1-очень жарко;2-слишком тепло; 3-приятное тепло; 4-комфортно; 5-прохладно; 6-холодно; 7-очень холодно, который рассчитывается по формуле 1.
5. Определить эффективную температуру и эффективно-эквивалентную температуру по номограмме - рисунок 2, зная температуру по сухого и влажного термометры, измеренные психрометром (рисунок1), установить входит микроклимат в зону хорошего самочувствия
6. Полученные результаты параметров микроклимата рабочего места сравнить с нормативными значениями по оптимальным и допустимым величинам по таблице 4. Разработать комплекс мер по созданию благоприятных микроклиматических условий на рабочем месте
7. Сделать вывод.

Вопросы для самопроверки

1. Какими основными параметрами характеризуется микроклимат рабочей зоны?
2. Какое воздействие на человека оказывает неблагоприятный микроклимат?
3. Что такое рабочая зона?
4. Какой прибор определяет микроклимат, и по какому принципу он работает?
5. Как нормируется микроклимат в рабочей зоне и от каких факторов зависит?
6. Что означают понятия «оптимальные и допустимые микроклиматические условия»?
7. Какие меры защиты используются для создания благоприятных условий жизнедеятельности?

РАСЧЕТ ОСВЕЩЕННОСТИ НА РАБОЧИХ МЕСТАХ И ВЫБОР СИСТЕМ ОСВЕЩЕНИЯ

Цель работы: рассчитать количество светильников, ламп в светильниках и мощность осветительной установки для помещения с заданными габаритными размерами (выданный по варианту).

Нормативная база

1. СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания»;
2. СП 52.13330.2016 «Естественное и искусственное освещение».

ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ

В настоящее время 90 % информации человек получает с помощью органов зрения. Сохранность зрения человека, состояние его центральной нервной системы, производительность, качество труда и безопасность в производственных условиях в значительной мере зависят от условий освещения. Нерациональное освещение на рабочем месте в цехе, в лаборатории, помещении ВЦ, офисе, дома при чтении приводит к повышенной утомляемости, снижению работоспособности, перенапряжению органов зрения и снижению его остроты. По конструктивному исполнению искусственное освещение может быть двух систем: *общее* – осуществляемое расположением светильников на потолке помещения; *комбинированное* – совокупность общего освещения и местных светильников, расположенных непосредственно на рабочих местах. Применение одного местного освещения внутри зданий не допускается. В качестве источников света в настоящее время применяются электрические лампы накаливания и газоразрядные лампы. Нормирование искусственного освещения проводят согласно СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. При выборе нормируемой освещенности размер объекта различения регламентирует выбор зрительного разряда от *1* до *7* в таблице норм, которая содержит минимально допустимые значения освещенности на рабочих местах при использовании газоразрядных ламп. При проектировании осветительных установок стремятся обеспечить требования норм при минимальных затратах электроэнергии с сохранением равномерного распределения яркостей в поле

зрения, исключающих слепящее действие самих ламп. Для этого применяют светильники с рассеивающими экранами, матовыми стеклами, что приводит к частичной потере световой энергии (на *10 – 15%).* Задачей светотехнического расчета является определение светотехнических параметров осветительной остановки, необходимых для обеспечения нормируемых характеристик освещения. Обеспечение нормируемой освещенности осуществляется путем выбора количества источников света (кол-во светильников), необходимых для создания требуемого уровня освещенности.

МЕТОДИКА РАСЧЕТА

Учитывая заданные по варианту характеристики зрительной работы (наименьший размер объекта различения, характеристика фона и контраст объекта различения с фоном), с помощью табл. 1. определяют разряд и подразряд зрительной работы, а также нормируемый уровень минимальности освещённости на рабочем месте.

Распределяют светильники и определяют их число.

Равномерное освещение горизонтальной рабочей поверхности достигается при определённых отношениях расстояния между центрами светильников L, *м* ($L = 1{,}75 \cdot H$) к высоте их подвеса над рабочей поверхностью $H_р$, *м*.

Число светильников с люминесцентными лампами (ЛЛ), которые приняты во всех вариантах в качестве источника света,

$$N = S / LM, \qquad (1.)$$

где S – площадь помещения, $м^2$; М – расстояние между параллельными рядами, *м*.

В соответствии с рекомендациями

$$M \geq 0{,}6\ H_p \qquad (2.)$$

Оптимальное значение М = 2…3 *м.*

Для достижения равномерной горизонтальной освещённости светильники с ЛЛ рекомендуется располагать сплошными рядами, параллельными стенам с окнами или длинным сторонам помещения.

Для расчёта общего равномерного освещения горизонтальной рабочей поверхности используют метод светового потока, учитывающий световой поток, отражённый от потолка и стен.

Таблица 1 – Нормы проектирования искусственного освещения

Характеристика зрительной работы	Наименьший размер объекта различения, мм	Разряд зрительной работы	Подразряд зрительной работы	Контраст объекта с фоном	Характеристика фона	Освещенность, Лк	
						Комбинированное освещение всего	Общее освещение
Наивысшей точности	Менее 0,15	I	а	Малый	Темный	5000 4500	
			б	» Средний	Средний Темный	4000 3500	1200 1000
			в	Малый Средний Большой	Светлый Средний Темный	2500 2000	750 600
			г	Средний Большой »	Светлый » Средний	1500 1250	400 300
Очень высокой точности	0,15 –0,3	II	а	Малый	Темный	4000 3500	
			б	Средний »	Средний Темный	3000 2500	750 600

			в	Малый Средний Большой	Светлый Средний Темный	2000 1500	500 400
			г	Средний Большой »	Светлый » Средний	1000 750	300 200
Высокой точности	0,3 –0,5	III	а	Малый	Темный	2000 1500	500 400
			б	» Средний	Средний Темный	1000 750	300 200
			в	Малый Средний Большой	Светлый средний Темный	750 600	300 200
			г	Средний Большой »	Светлый » средний	400	200
Средней точности	0,5-1,0	IV	а	Малый	Темный	750	200
			б	» Средний	Средний Темный	500	200
			в	Малый Средний Большой	Светлый Средний Темный	400	200
			г	Средний Большой »	Светлый » Средний		200

Расчётный световой поток, лм, группы светильников с ЛЛ.

$$\Phi_{л.\,расч.} = E_н \cdot S \cdot Z \cdot K / N \cdot \eta, \qquad (3.)$$

где $E_н$ – нормированная минимальная освещённость, *лк;* Z – коэффициент минимальной освещённости; $Z = E_{ср} / E_{мин}$, для ЛЛ $Z = 1,1$; K – коэффициент запаса; η - коэффициент использования светового потока ламп.

Показатель помещения

$$i = A \cdot B / H_p \cdot (A+B), \qquad (4.)$$

где A и B – длина и ширина помещения, *м*.

Значения коэффициента запаса зависят от характеристики помещения: для помещений с большим выделением тепла $K = 2$, со средним $K = 1.8$, с малым $K = 1,5$.

Значения коэффициента использования светового потока приведены в табл. 2.

Таблица 2 – Значения коэффициента использования светового потока

Показатель помещения	1	2	3	4	5
Коэффициент использования светового потока η	0,28…0,46	0,34…0,57	0,37…0,62	0,39…0,65	0,40…0,66

По полученному значению светового потока с помощью табл. 3. подбирают лампы, учитывая, что в светильнике с ЛЛ может быть больше одной лампы, т. е. n может быть равно *2* или *4*. В этом случае световой поток группы ЛЛ необходимо уменьшить в *2* или *4* раза.

Таблица 3 – Характеристика люминесцентных ламп

Тип лампы	Мощность, ВТ	Номинальный световой поток, лм
ЛБ 20	20	1200

ЛХБ 20	20	935
ЛТБ 20	20	975
ЛД 20	20	920
ЛДЦ 20	20	820
ЛЕЦ 20	20	865
ЛБ 30	30	2100
ЛХБ 30	30	1720
ЛТБ 30	30	1720
ЛД 30	30	1640
ЛДЦ 30	30	1450
ЛЕЦ 30	30	1400
ЛБ 40	40	3200
ЛБ 36	36	3050
ЛХБ 40	40	2600
ЛТБ 40	40	2580
ЛД 40	40	2340
ЛДЦ 40	40	2200
ЛДЦ 36	36	2200
ЛЕЦ 40	40	2190
ЛЕЦ 36	36	2150
ЛБ 65	65	4800
ЛХБ 65	65	3820
ЛТБ 65	65	3980
ЛД 65	65	3570
ЛДЦ 65	65	3050
ЛЕЦ 65	65	3400
ЛБ 80	80	5220
ЛХБ 80	80	440
ЛТБ 80	80	4440
ЛД 80	80	4070
ЛДЦ 80	80	3560

Световой поток выбранной лампы должен соответствовать соотношению

$$\Phi_{л.расч.} = (0,9 \ldots 1,2) \cdot \Phi_{л..табл}, \qquad (5.)$$

где $\Phi_{л.расч.}$ – расчётный световой поток, *лм.;* $\Phi_{л.табл.}$ – световой поток, определённый по табл. 3., *лм*.

Потребляемая мощность, *Вт*, осветительной установки

$$P = p \cdot N \cdot n, \qquad (6.)$$

где p – мощность лампы, *Вт*; N – число светильников, *шт*; n – число ламп в светильнике, для ЛЛ $n = 2, 4$.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАНИЯ.

1. Ознакомиться с методикой расчёта.
2. Определить разряд и подразряд зрительной работы, нормы освещённости на рабочем месте, используя данные варианта (у преподавателя.) и нормы освещённости.
3. Рассчитать число светильников.
4. Распределить светильники общего освещения с ЛЛ по площади производственного помещения.
5. Определить световой поток группы ламп в системе общего освещения, используя данные варианта и формулу (3.).

6. Подобрать лампу по данным табл. 3. и проверить выполнение условия соответствия $Ф_{л.расч.}$ и $Ф_{л. табл.}$

7. Определить мощность, потребляемую осветительной установкой.

8. Ответить на вопросы: – Назовите виды освещения. - Как нормируется общее освещение, т.е. какими показателями? - К каким последствиям может привести недостаток освещения на рабочем месте? Какие источники света применяются для искусственного освещения помещений? - По каким признакам подразделяются светильники? - Какие мероприятия позволяют улучшать освещенность на рабочих местах?

8. Подписать отчёт и сдать преподавателю.

Вопросы для самопроверки

1. Какими качественными и количественными показателями характеризуется освещение?
2. На какие виды подразделяется производственное освещение?
3. Как нормируется естественное освещение?
4. Как нормируется искусственное освещение?
5. Как нормируется совмещенное освещение?
6. Какие методы предусмотрены для расчета искусственной системы освещения?
7. Назовите методы расчета естественного освещения?
8. Какие источники света применяются для искусственного освещения помещений?
9. Что такое светильник, по каким признакам подразделяются светильники?
10. Какие мероприятия позволяют улучшать освещенность на рабочих местах?

РАСЧЕТ НАГРУЗОК, СОЗДАВАЕМЫХ УДАРНОЙ ВОЛНОЙ

Цель работы: провести оценку степени разрушения данных объектов для проведения восстановительных работ.

Нормативная база

1. ТР ТС 032/2013 «О безопасности оборудования, работающего под избыточным давлением»;
2. ГОСТ 12.2.085-2002 «Сосуды, работающие под давлением. Клапаны предохранительные. Требования безопасности»;
3. Федеральный закон N 68-ФЗ «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» от 21 декабря 1994 г.

ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ

Нагрузки, создаваемые ударной волной в результате взрыва емкостей со сжатым газом, взрыва газовоздушной смеси, воздушного и наземного ядерных взрывов, приводят к разрушениям зданий, сооружений, оборудования, установок и т.д.

В результате разрушения объектов возникают чрезвычайные ситуации с соответствующими степенями разрушения, опрокидывания и смещения оборудования и установок.

Для принятия решений по проведению восстановительных работ на объектах, подвергшихся разрушению, необходимо провести оценку степени разрушения.

2. МЕТОДИКА РАСЧЕТА.

2.1. ВЗРЫВ ЕМКОСТИ СО СЖАТЫМ ГАЗОМ:

Тротиловый эквивалент, *кг,*

$$q = A / 3{,}8, \qquad (1.)$$

где *А* – работа взрыва (работа газа при адиабатическом расширении), *МДж*.

$$A = [(p_1 \cdot V)[1 - (p_2 / p_1)^{(m-1)/m}]] / (m - 1), \quad (2.)$$

где p_1 – начальное давление в сосуде, *МПа*; V – начальный объем газа, $м^3$;
p_2 - конечное давление, *МПа*, $p_2 = 0{,}1 \cdot p_1$; m – показатель адиабаты, $m = 1{,}4$.
Безопасное расстояние, *м*, от места взрыва для человека

$$R_{min} = 16 \cdot q^{1/3} \quad (3.)$$

Безопасное расстояние, *м*, места взрыва для жилой застройки

$$R_{min} = 5 \cdot q^{1/2} \quad (4.)$$

2.2. ВЗРЫВ ГАЗОВОЗДУШНОЙ СМЕСИ.

Избыточное давление при взрыве газовоздушной смеси , *кПа*,

$$\Delta ð_{ô} = (m \cdot H_T \cdot p_0 \cdot z) / (V_n \cdot c \cdot \rho \cdot T_0 \cdot R_H), \quad (5.)$$

где m – масса горючего газа, *кг*; H_T – теплота сгорания, *кДж/кг*, $H_T = 40 \cdot 10^3$ *кДж/кг*; $p_0 = 101$ *кПА* – начальное давление; z - доля участия взвешенного дисперсного продукта при взрыве, $z=0{,}5$;

V_n - объем помещения, $м^3$; $c = 1{,}01$ *кДж* – теплоемкость воздуха; $\rho = 1{,}29$ $кг/м^3$ - плотность воздуха;

$T_0 = 300$ *К* – температура в помещении; $R_H = 3$, коэффициент негерметичности помещения;

2.3. ЯДЕРНЫЙ ВЗРЫВ И ВЗРЫВ ЕМКОСТИ

Избыточное давление, *кПа*, во фронте ударной волны наземного и воздушного ядерного взрыва, а также при взрыве емкости со сжатым газом

$$\Delta ð_{ô} = \frac{105 \cdot (\sqrt[3]{0{,}5 \cdot q})}{R} + \frac{410 \cdot (\sqrt[3]{(0{,}5 \cdot q)^2})}{R^2} + \frac{1370 \cdot (0{,}5 \cdot q)}{R^3}, \quad (6.)$$

где R – расстояние от центра взрыва, *м*.

2.4. СТЕПЕНЬ РАЗРУШЕНИЯ ОБЪЕКТА ВОЗДЕЙСТВИЯ (ЗДАНИЯ, СООРУЖЕНИЯ И Т.Д.

Степень разрушения объекта воздействия оценивают по критерию физической устойчивости (сильное, среднее, слабое), а объекты воздействия (оборудование, установки и т.д.) – по критерию опрокидывания и смещения.

2.4.1. Если под воздействием ударной волны с избыточным давлением элементы производственного комплекса разрушаются полностью, разрушение оценивается как сильное; если элементы производственного комплекса в этих условиях могут быть восстановлены в короткие сроки, разрушение оценивается как среднее или слабое.

Степень разрушения производственных комплексов в зависимости от избыточного давления может быть оценена следующим образом:

- для промышленного здания с металлическим или железобетонным каркасом: при избыточном давлении 50…60 кПа – сильное, 40…50 – среднее, 20…40 кПа – слабое;
- для кирпичного многоэтажного здания с остеклением: при избыточном давлении 20…30 кПа – сильное, 10…20 кПа – среднее, 8…10 кПа – слабое;
- для кирпичного одно- и двухэтажного здания с остеклением: при избыточном давлении 25…35 кПа – сильное, 15…25 кПа – среднее, 8…15 кПа – слабое;
- для приборных стоек: при избыточном давлении 50…70 кПа – сильное, 30…50 кПа – среднее, 10…30 кПа – слабое;

- для антенных устройств: при избыточном давлении 40 кПа – сильное, 20…40 кПа – среднее, 10…20 кПа – слабое;
- для открытых складов с железобетонным перекрытием: при избыточном давлении 200 кПа – сильное.

2.4.2. Степень опрокидывания и смещения антенного устройства или приборной стойки.

Скоростной напор взрыва, *кПа*,

$$P_{ск.} = 2{,}5 \cdot \Delta\delta_{\hat{o}}^{\,2} / (\Delta\delta_{\hat{o}} + 7p_0), \qquad (7.)$$

где p_0 – начальное скоростное давление, *кПа*, $p_0 = 101$ *кПа*.

Допустимый скоростной напор взрыва, *кПа*, при опрокидывании антенного устройства или приборной стойки

$$P^{опр.}_{ск} \geq (a / b) \cdot [G / (C_x \cdot S)], \qquad (8.)$$

где a и b – высота и ширина объекта, *м*; G - масса объекта, *Н*; C_x - коэффициент аэродинамического сопротивления; S – площадь поперечного сечения приборной стойки, $м^2$.

Если скоростной напор взрыва больше допустимого при опрокидывании, то антенное устройство или приборная стойка опрокинется.

Допустимый скоростной напор взрыва при смещении антенного устройства или приборной стойки

$$P^{см}_{ск} \geq (f \cdot G) / (C_x \cdot S), \qquad (9.)$$

где f - коэффициент трения.

Если скоростной напор взрыва больше допустимого при смещении, то антенное устройство сместится.

3. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ.

1. Выбрать вариант (взять у преподавателя.)
2. Ознакомиться с методикой расчета.
3. Выполнить расчет в соответствии с выбранным вариантом:

- Тротиловый эквивалент определяется по формуле (1.)
- Работа газа при адиабатном расширении определяется по формуле (2.)
- Безопасное расстояние, *м*, от места взрыва для человека определяем по формуле (3.)
- Безопасное расстояние, *м*, от места взрыва для жилой застройки определяем по формуле (4.)
- Избыточное давление при взрыве газовоздушной смеси определяется по формуле (5.)
- Избыточное давление при взрыве емкости определяется по формуле (6.)
- Скоростной напор взрыва, *кПа*, определим с помощью формулы (7.)
- Допустимый скоростной напор взрыва при опрокидывании приборной стойки определяется из соотношения (8.)
- Допустимый скоростной напор взрыва при смещении приборной стойки определяется из соотношения (9.).

4. Сделать вывод о степени разрушения объекта воздействия для проведения восстановительных работ и сдать преподавателю.

Вопросы для самопроверки

1. Назовите документы регламентирующие безопасную эксплуатацию оборудования, работающего под избыточном давлением.
2. Назовите мероприятия обеспечивающие безопасную эксплуатацию объектов, в которых возможен взрыв?

3. Как рассчитывается ударная волна?
4. Дайте определение понятию чрезвычайная ситуация?
6. Аварийно-спасательные и другие неотложные работы, проводимые при возникновении чрезвычайных ситуаций и направленные на спасение жизни, и сохранение здоровья людей, снижение размеров ущерба окружающей среде и материальных потерь, а также на локализацию зон чрезвычайных ситуаций, прекращение действия характерных для них опасных факторов, называют?
7. Назовите средства коллективной защиты

ЛИТЕРАТУРА

1. Обязательные издания

1. Борисова, Н. В. Безопасность жизнедеятельности. Лабораторный практикум / Н. В. Борисова, Е. В. Бычкова. — Санкт-Петербург : Лань, 2023. — 168 с. — ISBN 978-5-507-46610-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/351905. — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Рысин, Ю. С. Безопасность жизнедеятельности : учебное пособие / Ю. С. Рысин, С. Л. Яблочников. — Москва : Ай Пи Ар Медиа, 2023. — 132 с. — ISBN 978-5-4497-0440-5. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: https://www.iprbookshop.ru/124636.html. — Режим доступа: для авторизир. Пользователей.

3. Безопасность жизнедеятельности : учебник / под редакцией Э. А. Арустамова. — 21-е изд. — Москва : Дашков и К, 2018. — 446 с. — ISBN 978-5-394-02972-1. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система «Лань» : [сайт]. — URL: https://e.lanbook.com/book/105582. — Режим доступа: для авториз. пользователей.

4. Безопасность жизнедеятельности [Электронный ресурс]: учебное пособие для вузов / Л.А. Муравей [и др.]. – Электрон. текстовые данные. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2012. – 431 с. – Режим доступа: http:// www.iprbookshop.ru/7017. – ЭБС «IPRbooks»

2. Дополнительные издания

1. Еременко В.Д. Безопасность жизнедеятельности [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Еременко В.Д., Остапенко В.С.— Электрон. текстовые данные.— М.: Российский государственный университет правосудия, 2016.— 368 с.— Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/49600.html.— ЭБС «IPRbooks».

2. Безопасность жизнедеятельности в химической промышленности : учебник / Н.И. Акинин, Л.К. Маринина, А.Я. Васин [и др.] ; под общей редакцией Н.И. Акинина. — Санкт-Петербург : Лань, 2019. — 448 с. — ISBN 978-5-8114-3891-4. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система «Лань» : [сайт]. — URL: https://e.lanbook.com/book/116363

3. Екимова И.А. Безопасность жизнедеятельности [Электронный ресурс]: учебное пособие / Екимова И.А. – Электрон. текстовые данные. – Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, Эль Контент, 2012. – 192 с. – Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/13876.— ЭБС «IPRbooks»

3. Бурашников, Ю.М. Безопасность жизнедеятельности. Охрана труда на предприятиях пищевых производств : учебник / Ю.М. Бурашников, А.С. Максимов. — 2-е изд., перераб. и доп. — Санкт-Петербург : Лань, 2017. — 496 с. — ISBN 978-5-8114-2497-9. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система «Лань» : [сайт]. — URL: https://e.lanbook.com/book/93587

4. Безопасность жизнедеятельности [Электронный ресурс]: учебное пособие для вузов / Л.А. Муравей [и др.]. – Электрон. текстовые данные. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2012. – 431 с. – Режим доступа: http:// www.iprbookshop.ru/7017. – ЭБС «IPRbooks».

5. СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания». - М.: Стандартинформ, 2022. – 412 с.

3. Периодические издания

6. Журнал «Безопасность труда в промышленности» https://www.elibrary.ru/title_about_new.asp?id=8430

7. Журнал «Охрана и экономика труда» https://www.elibrary.ru/title_about.asp?id=32420

8. Журнал «Экология промышленного производства» https://www.elibrary.ru/title_about_new.asp?id=9263

4.Интернет-ресурсы

9.http://www.tehdoc.ru; http://www.safety.ru – нормативная документация по охране труда;

10.http://www.mintrans.ru –официальный сайт министерства транспорта РФ;

11.http://www.minzdravsoc.ru – официальный сайт Минздравсоцразвития;

12.http://www.mchs.ru/ -официальный сайт МЧС;

13.http://www.gks.ru/ -официальный сайт федеральной службы государственной статистики;

14.http://www.novtex.ru –научно-практический и учебно-методический журнал БЖД;

15.http://www.sci.aha.ru –web атлас по БЖД.

5. Источники ИОС

16. Безопасность жизнедеятельности
http://techn.sstu.ru/new/SubjectFGOS/Default.aspx?kod=1